

Metalik Köpükler

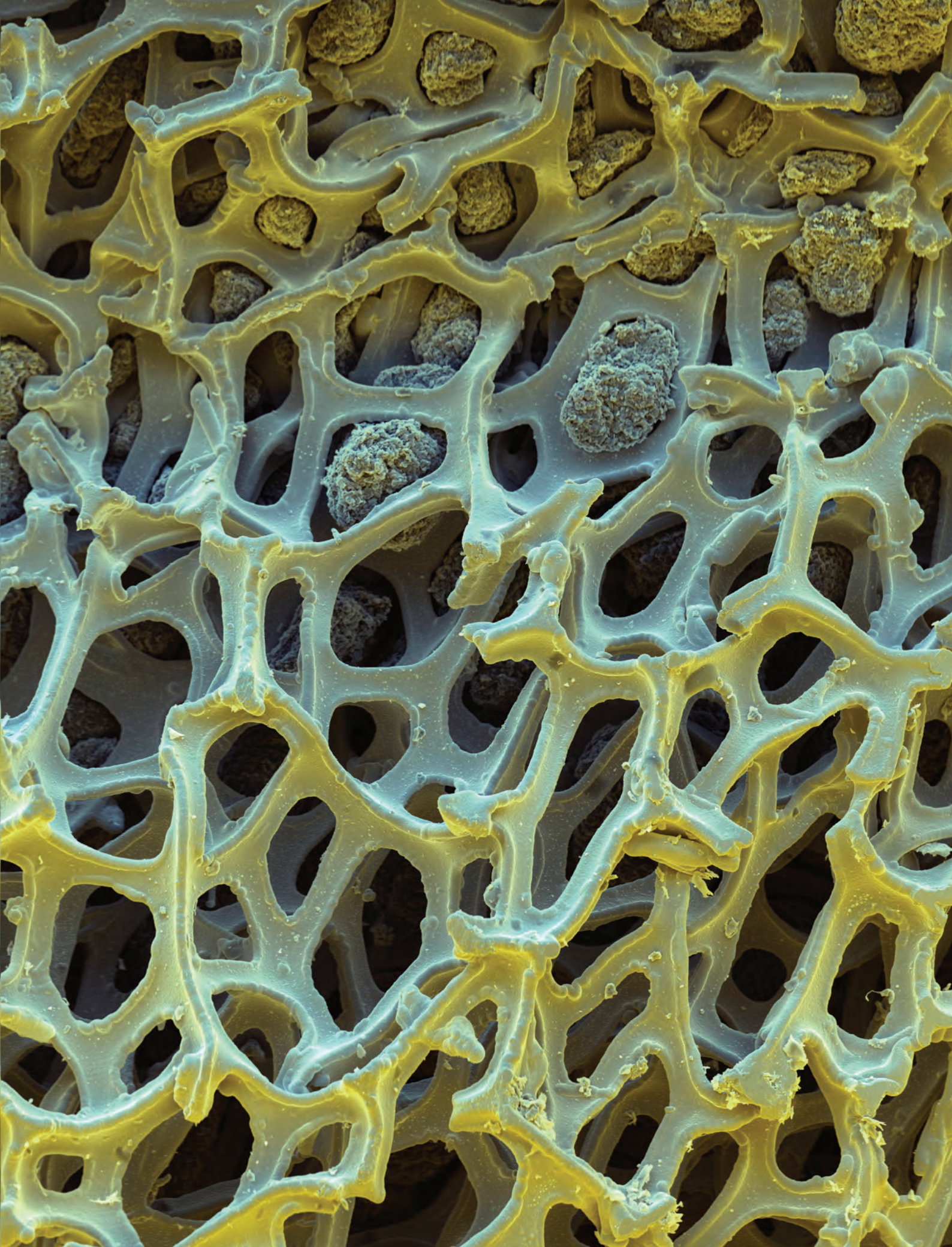
Ali Onur ŞAHİNOĞLU [*Başuzman Araştırmacı, Yapısal ve Mekanik Tasarım Grubu, TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü*

Malzeme bilimi hakkında yürütülecek kapsamlı bir araştırma, şüphesiz insanlık tarihiyle birlikte değerlendirilmelidir.

Hakkında fazla bilgiye sahip olmadığımız tarih öncesi çağlarda, insanın çevresini saran vahşi hayatla mücadelesi ve doğaya hükmetme çabası, onu daha dayanıklı ve kullanışlı malzeme arayışına itti.

Doğada hammadde hâlinde bulunan seçenekler arasından, hasil olan ihtiyaca göre tercihler yapıldı, en uygun malzeme türü işlenerek kullanıma dâhil edildi.

Barınak, avlanma ve ulaşım gibi alanlarda kullanılan bu farklı malzemelerin çağlar boyunca gösterdiği gelişim ise başta arkeolojik buluntular olmak üzere, birçok farklı kaynaktan takip edilebilir.





Malzeme konusundaki asıl büyük atılım ise on sekizinci ve on dokuzuncu yüzyıllarda buhar gücüyle çalışan makinelerin kullanılmasıyla gerçekleşen Sanayi Devrimi ile oldu. Yeni oluşan endüstrinin malzeme ihtiyaçlarına bağlı olarak artan enerji arayışı, ilk büyük savaşla neticelendi. Bombardıman uçakları ve tank gibi yeni askeri unsurlara bağlı olarak, malzeme biliminin arayışları zaman içerisinde yine farklılaştı. Hız kazanan silahlanma yarışı ve diğer siyasi sebepler nedeniyle insanlık bir kez daha global bir savaşa girdi. Metalik köpükler de ilk olarak İkinci Dünya Savaşı sırasında ortaya çıktı.

Metalik Köpüklerin Fiziksel Yapısı

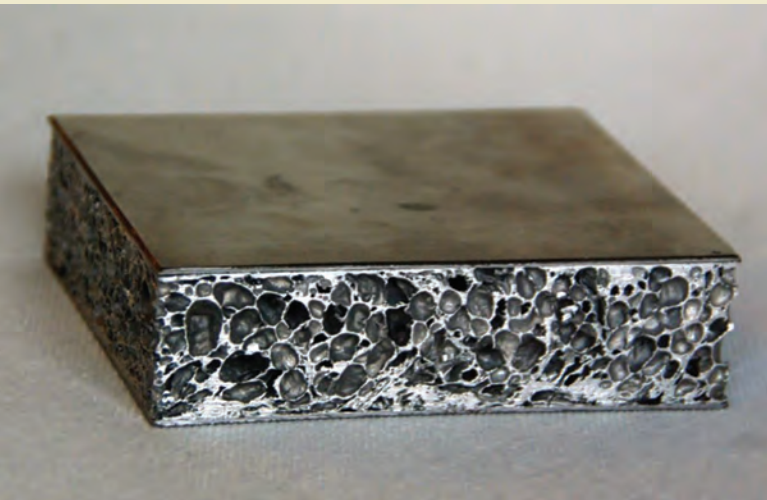
Köpük, genellikle sıvı içindeki gaz kabarcıklarına verilen addır. Eğer bu birlikteliğin bir tarafını oluşturan sıvı, hızla katılaştırılırsa, katı köpük veya gözenekli katı olarak adlandırığımız yapı oluşur. Ancak, sıvı yüzeylerinin esnek bir zar gibi davranmasına yol açan yüzey geriliminin düşük tutulması gerekliliği, sıvılarda olduğu gibi katılarda da köpük oluşturma çabalarına bir sınırlama getirir. Buna rağmen katı köpüklerindeki morfolojik çeşitlilik sıvılara göre daha fazladır. Diğer bir deyişle, farklı katılar üzerinde, değişken boyutlardaki hücre yapısına katılarda rahatlıkla ulaşılır. Metaller ise köpükleştirilebilen katılar arasında endüstriyel yönleri düşünüldüğünde başat bir rol oynar.

İlk olarak, 1943 senesinde Benjamin Sosnick, alüminyum-cıva karışımını yüksek basınç altında

kapalı bir bölmede eritti. Sonraki aşamada, basıncı ortadan kaldırarak alüminyumun erime sıcaklığında mevcut cıvanın buharlaşmasıyla köpük yapıyı elde etti.

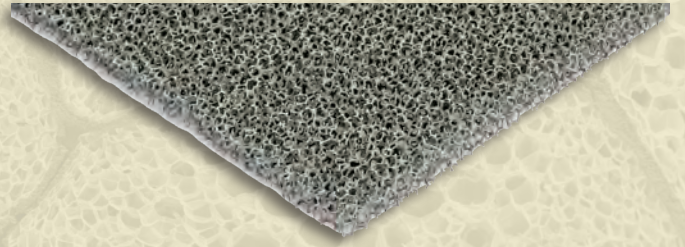
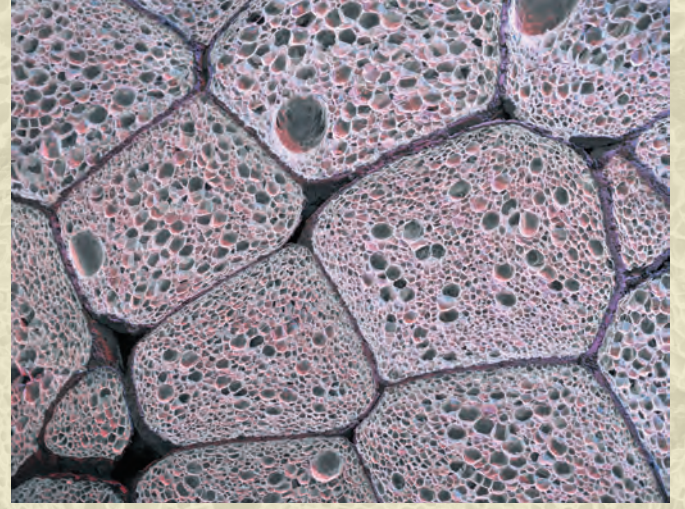
1950'lere gelindiğinde, viskozitelerini artırmak için ön işleme tabi tutulduklarında sıvı metallerin daha kolay köpüklenebileceği anlaşıldı. Viskoziteyi, yani akışkanın akmaya karşı gösterdiği direnci artırmak yolundaki bu çaba, mevcut eriyiğe oksit parçaları eklenerek, eriyiğin oksitlenmesi yoluyla uygulamaya konuldu. İlgili konudaki araştırmalarda başı çeken alüminyum köpükleştirme çabaları sürerken, William Elliott ve Stuart Fiedler, Amerika Birleşik Devletleri donanması için deneyler yapmaya başladı. Başarılı olan bu çalışmalar neticesinde, 10x20x0,25 santimetre boyutlarında paneller üretebilecek bir fabrika kuruldu ve burada köpüğün çarpışma absorbe etme özellikleri üzerinde çalışmalar yürütüldü.

Düşük ağırlığa sahip alüminyum köpük sandviç panel (AFS)

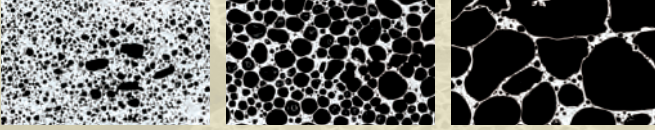




8 cm genişliğinde çinko köpük ve ekmek



Soldan sağa doğru 600°C'de 6., 7. ve 8. dakikada köpüklenen çinko köpük örnekleri. Siyah noktalar gözenekleri gösteriyor.



Metalik Köpükleri Cazip Hâle Getiren Özellikleri

Bu özelliklerin başında, yüksek katılık/kütle oranı gelir. Geleneksel panellere göre beş kat daha fazla olan bu oran, düşük ağırlığa karşılık yüksek peklilik gerektiren kritik makine parçalarında, metalik köpükleri avantajlı bir alternatif kılar. Bu nedenle, Alman üretici Karmann, ağırlık ve dayanım oranının büyük önem arz ettiği yarış arabalarında çelik paneller yerine gözenekli metalleri test etmeye devam ediyor.

İkinci sırada gelen özellik ise ideal denebilecek bir seviyede olan enerji soğurabilme özellikleri. Neredeyse tersinir ve elastikimsi bir yapıda olan gözenekli metaller, darbe yönlerinde bir ayırım gözetmeksizin, çarpışma enerjisini oldukça yüksek seviyelerde soğurabilir.

Yüksek ses yalıtımı ve ısı iletimi gibi diğer ikincil önemde özellikleri de bulunmasına rağmen metalik köpükler üzerine yapılan araştırmalar daha çok ilk iki baş-

lık etrafında şekillenmiş. Ne var ki, 1950'lerde yükselişe geçen bu araştırmalar, 1980'lere kadar sürecektir kısa bir durgunluk dönemine girdikten sonra tekrar yükselişe geçti. Bu yeniden yükselişin sebebiyse o tarihe kadar sonsuz gibi düşünülen enerji kaynaklarının sınırlı olduğunun farkına varılması. Zira, kara, deniz ve hava araçlarının giderek daha kapsamlı ve hacim olarak daha büyük hâle gelmesi, ağırlık sorununu ortaya çıkardı. Bu sorun ise tahmin edileceği üzere daha fazla yakıt anlamına gelir. Kıt kaynaklar göz önünde bulundurulduğunda, bilim dünyası, ağırlığın azaltılmasına karşılık dayanıklılığın nasıl aynı düzeyde tutulacağı üzerine kafa yormaya başladı ve bu özellikleri sağlayan metalik köpüklere olan ilgi hâliyle arttı. Japonya'dan Shinko Wire, Norveç'ten Norsk Hydro ve Kanada'dan Alcan şirketleri yeni üretim teknikleri geliştirdi.

Metalik Köpüklerin Üretimi

Karışımın Hazırlanması: Bu aşamada, metal tozu ve gaz salımına sebep olan üfleme maddesi tozu (blowing agent) sıkıştırılır.

İlk gözenek oluşumu: Isının artışıyla birlikte hazırlanan karışımın içinde gaz açığa çıkmaya başlar ve çekirdek yapılar oluşur.

Gözenek (kabarcık) artışı: Sıcaklık artışının devamıyla birlikte, oluşan çekirdek yapılar büyümeye ve birleşerek köpük yapıyı oluşturmaya başlar.

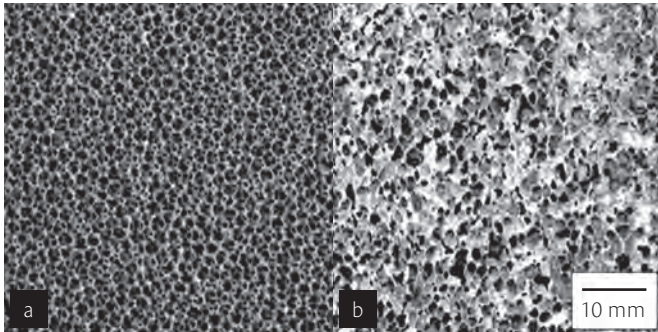
Köpük bozulması: Gözeneklerin şişmesiyle birlikte bozulma da başlar. Yerçekimi etkisinde, sıvının Plateau sınırlarına doğru akışı drenaja sebep olurken film tabakaları ince ve kararsız hâle gelir ve kabarcıklar birleşmeye başlar.

Katılma: Ani soğutmanın film tabakalarında deformasyona ve dolayısıyla hücre duvarında çatlaklara yol açabileceği dikkate alınarak soğutma işlemi doğru zamanda gerçekleştirilir.

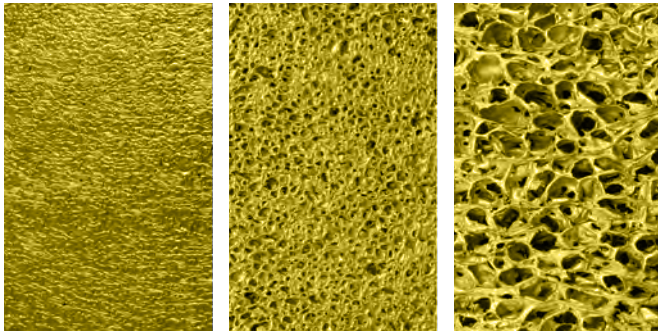
Piyasada yaygın olarak kendine yer bulan üretim teknikleriyle açık ve kapalı olmak üzere iki tipte gözenekli yapı elde edilir. Üç boyutlu gözenek yapısına sahip malzemelerin, diğer bir deyişle köpüklerin, mekanik özellikleri açık veya kapalı gözenek yapısına sahip olmalarına bağlıdır. Gözenekleri birbirinden izole hâlde, bir başka deyişle, her bir gözenek hücre duvarı ile sızdırmazlık derecesinde diğerlerinden ayrılmış ise bunlar kapalı hücreli köpüklerdir.

Açık hücreli köpüklerdeyse gözenekler arasında bağlantı vardır. Her iki yapı biçiminde de %80-95 oranına varan boşluk ve %5-20 oranında malzeme bulunur. Elbette ki bu yapılar tamamen açık ya da tamamen kapalı gözeneklere sahip değildir. Birçok gözenekli malzemede hem açık hem de kapalı gözenekler bulunur.

Sonuç olarak, üstün mekanik özellikleri nedeniyle oldukça ilgi çekici bir malzeme olan metalik köpüklerin ve daha geniş kapsamda gözenekli metallerin, uzay, havacılık ve otomotiv sanayileri başta olmak üzere birçok endüstri kolunda kullanımı hızla yaygınlaşıyor. Hafiflik ve dayanıklılığın önemli olduğu geleceğin dünyasında, yeni üretim tekniklerinin de bulunmasıyla beraber bu malzemelerin altın çağını yaşayacağını söylemek yerinde olur. ■



Açık (a) ve kapalı (b) hücre yapıları



Kaynaklar

- Zhenlun, S., Nutt, S.R., "Rheology of Foaming Aluminum Melts", *Materials Science and Engineering*, Cilt 458, s.108-115, 2007.
- Banhart, J., Weaire, D., "On The Road Again: Metal Foams Find Favor", *Physics Today*, Cilt 55, s.37-42, 2002.
- Hanssen, A.G., Langseth, M., Happerstad, O.S., "Static and dynamic crushing of circular aluminium extrusions with aluminium foam filler", *International Journal Of Impact Engineering*, Cilt 24(5), s.475-507, 2000.
- Davies, G.J., Zhen. S., "Review Metallic foams: Their Production, Properties and Applications", *Journal Of Material Science*, Cilt 18, s.1899-1911, 1983.
- Sosnick, B., "Method Of Producing Metal Foam", US Patent No: 2,751,289, 1943.
- Degischer, H.P., Krist, B., "Handbook of Cellular Metals, Production, Processing and Applications", *Wiley-VCH*, s.1-363, 2002.
- Ozan S., Kati N., "Metal Köpükler", 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), s.317-320, 2011.
- Ozmat B., "Reticulated Metal Foam Build Better Heatsinks", *Power Electronics Technology*, s.30-35, Kasım 2007.
- Evans, A.E., Hutchinson, J.W., Ashby, M.F., "Multifunctionality of cellular metal systems", *Progress in Materials Science*, Cilt 43, s.171-221, 1999.
- Ashby, M.F., Evans, A.g., Fleck, N.A ve ark., "Metal Foams A Design Guide", *Butterworth-Heinemann*, s.1-233, 2000.
- Banhart, J., "Manufacture, Characterisation and Application of Cellular Metals and Metal Foams", *Progress in Materials Science*, Cilt 46, s. 559-632, 2001.
- Banhart, J., Baumeister, J., Weber, M., "Damping Properties of Aluminium Foams", *Material Science And Engineering*, Cilt A205, s.221-228, 1996.
- Banhart, J., "Foam Metal: The Recipe", *Europhysics News*, Sayı Ocak-Şubat, s.17-20, 1999.
- Sertkaya, A. A., "Metal Köpük İstı Değiştiriciler", *Mühendis ve Makina*, Cilt 54, s.22-26, 2013.